



SELETIVIDADE NA FLOTAÇÃO DE MINÉRIOS FERRÍFEROS DOLOMÍTICOS¹

Jesrael Luciano Costa²
José Aurélio Medeiros da Luz³
Gabriel Lourenço Teixeira⁴

Resumo

Este trabalho teve como objetivo prospectar por microflotação as melhores condições de flotação seletiva na separação entre minerais portadores de ferro e silicato em presença de carbonatos, em especial de dolomita. Para tanto foram feitos ensaios de microflotação em célula de Fuerstenau, usando para isso amostras purificadas de hematita, quartzo e dolomita. Os coletores estudados foram: oleato de sódio e éter-monoamina. Tanino, dextrina e silicato de sódio foram usados como depressores. Metil-isobutilcarbinol (mibcol) foi utilizado como espumante. Os resultados mostraram-se promissores, podendo assim subsidiar o desenvolvimento futuro de rotas de processo para minérios ferríferos carbonatados, baseados em ensaios em escala de bancada e piloto.

Palavras-chave: Processamento de minerais; Minérios de ferro dolomíticos; Microflotação.

SELECTIVITY IN THE FLOTATION OF DOLOMITIC IRON ORE

Abstract

This study aimed to explore the best conditions for the selective flotation separation of iron-bearing minerals and silicate in the presence of carbonates, especially dolomite. For both trials were made in microflotation cell Fuerstenau, using purified samples of hematite, quartz and dolomite. Collectors used were: sodium oleate and ether monoamine. Tannin, dextrin and water glass were used as depressants. Methyl-isobutilcarbinol (mibcol) was used as frother. The results were interesting and they may support future development of new process routes for carbonatic iron ores.

Key words: Mineral processing; Dolomitic iron ores; Microflotation.

¹ Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Mestre em engenharia de minas pelo PPGEM – DEMIN/UFOP, Ouro Preto - MG.

³ Professor do Departamento de Engenharia de Engenharia de Minas -DEMIN/CPGEM - UFOP, Ouro Preto – MG; bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq.

⁴ Aluno de engenharia de Minas - DEMIN - UFOP, OuroPreto – MG; bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq.



1 INTRODUÇÃO

Flotação vem sendo um dos processos de concentração de minérios mais utilizados na indústria mineral e tem tornado possível o aproveitamento de minérios complexos e/ou com baixo teor, de forma econômica e com rendimentos satisfatórios.

Tem-se observado grande aumento na demanda por minérios de ferro como itabirito. O grande problema é que em alguns dos jazimentos existentes os minerais de ferro estão associados a carbonatos, em especial a dolomita, o que acaba gerando um problema de contaminação.

Dessa forma o presente estudo vem sugerir condições mais promissoras para o desenvolvimento de rotas de processo para minérios ferríferos carbonatados, com a intenção básica de aperfeiçoar os processos industriais no tratamento e beneficiamento mineral, respeitados os requisitos técnicos e econômicos para a implementação de empreendimento industrial visando a seu aproveitamento.

A microflotação compreende a flotação com pequenas alíquotas amostrais purificadas, utilizando-se equipamento específico e delicado, capaz de viabilizar campanhas rápidas e de baixo custo. Tem como grande vantagem a realização de ensaios bem controlados e reproduzíveis, os quais permitem o estudo do mecanismo de interação entre reagentes e as superfícies minerais e o levantamento das melhores condições físico-químicas da suspensão ou polpa, pH etc.

Por se tratarem de sistemas simplificados, usualmente com minerais isolados, água destilada e reagentes purificados, o escalonamento para as condições de flotação convencional de bancada ou industrial deve ser considerado com extrema reserva. Mesmo assim, os resultados obtidos em célula de microflotação podem servir como um guia durante a seleção das condições operacionais em célula de bancada, levando à economia de recursos humanos e materiais.

Segundo Leja,⁽¹⁾ o tubo de Hallimond é a célula de microflotação mais utilizada, usando amostras purificadas de 1,0 a 2,0 gramas e o mecanismo de agitação é a barra magnética.

Araújo,⁽²⁾ em estudos de microflotação com os minerais quartzo e hematita, usando uma amina graxa primária com cadeia de 10 a 12 átomos de carbono, observou que a região de máxima flotabilidade para ambos minerais estava compreendida entre os valores de pH de 9 a 10,5.

Quast⁽³⁾ realizou um trabalho de revisão de flotação de hematitas, usando vários coletores como ácido láurico, hidroxamato, sulfato, sulfonato dodecilbenzeno de sódio e um acetato de dodecilamina. Esse autor advoga que a precipitação de amina sobre a hematita tem um papel importante na flotação desse mineral.

Outros aparatos de microflotação reportados na literatura são: a célula de Fuerstenau⁽⁴⁾ e a célula de Smith-Partridge.⁽⁵⁾

Em seus estudos de microflotação em célula de Fuerstenau, Luz⁽⁴⁾ estudou a flotação direta de minérios de ferro utilizando coletores aniônicos, como o óleo de rícino e de arroz saponificados em meio aquoso e em meio alcoólico. Utilizando sabão de óleo de arroz obtido por saponificação em meio alcoólico, percebeu que houve ganho do poder do coletor, tanto em relação a hematita, quanto em relação ao quartzo.

A célula de Fuerstenau é de vidro e consta em sua parte inferior de um fundo poroso de vidro sinterizado cuja função é produzir borbulhamento uniforme da fase gasosa injetada; a parte superior da célula tem um área de coleta do material flutuado.

A célula apresenta como vantagens, comparadas ao tubo de Hallimond:

- maior controle das variáveis de operação no ensaio de microflotação; e
- maior número de ensaios realizados (6 ensaios por hora).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para o desenvolvimento do ensaio de seletividade na flotação de minérios ferríferos dolomíticos foram utilizados os seguintes materiais: balança; béquer; termômetro; aquecedor; estufa; filtro; medidor de pH; agitador magnético; sistema de controle de vazão de gás; célula de Fuerstenau (Figura 1).



Figura 1 - Célula de Fuerstenau em fase de condicionamento na microflotação de hematita.

2.1.1 Minerais

Os minerais utilizados para o ensaio de microflotação foram o quartzo (procedente de veio), a hematita compacta (do Quadrilátero Ferrífero) e a dolomita (da formação Gandarela, obtida na pedreira Bemil, Ouro Preto).

2.1.2 Reagentes

Os reagentes utilizados no ensaio foram oleato de sódio e éter-monoamina. Tanino, dextrina e silicato de sódio foram usados como depressores. Como espumante foi utilizado o metil-isobutil-carbinol (mibcol).

2.2 Procedimento

As amostras purificadas foram preparadas por simples cominuição em moinho de porcelana com carga moedora de bolas, a partir de espécimes coletados manualmente. Para os testes de microflotação as amostras foram bitoladas por peneiramento dentro da faixa entre 0,297 mm e 0,074 mm sendo estas homogeneizadas e quarteadas seguidamente até se atingirem as quantidades necessárias para os ensaios posteriores de microflotação, mais precisamente 20 g. Para os ensaios de microflotação foram adotados procedimentos experimentais padrão, descritos a seguir.

2.3.1 Microflotação

- **Ensaio de flotação utilizando coletor**

Inicialmente, ajustou-se o pH da solução de acordo com o programado. Despejava-se 20 gramas de amostra no fundo seco, adicionavam-se 100 ml de solução coletora, iniciando imediatamente a agitação e o disparo do cronômetro, num período de condicionamento de 120 s. Gotejou-se, com seringa fina, 0,005 ml de espumante, 15 segundos antes do término do condicionamento. Posteriormente injetava-se nitrogênio, via abertura das válvulas, mantendo-se a vazão constante durante o processo de flotação, por 180 s. Paralelamente adicionava-se água com espumante (com mesmo pH e com a mesma proporção inicial) para se manter a cota de interface polpa/espuma durante o desenvolvimento da flotação. Após este período, interrompia-se o fluxo de nitrogênio e a agitação, separando, a seguir, o material flotado e o material não flotado. Filtravam-se as frações em papel de filtro, as quais eram enviadas para secagem a 80°C. As frações secas eram pesadas, finalmente, em balança analítica de precisão. Os ensaios eram realizados em duplicata, e em triplicata, no caso de haver discrepância maior que 3% entre os valores de flotabilidade para as mesmas condições experimentais.

Inicialmente alguns ensaios foram feitos em branco (somente com espumante, sem coletor) com o quartzo para se quantificar o arraste hidrodinâmico (relacionado ao eventual poder coletor do espumante e ao arraste de finos nas linhas de fluxo).

A fase aquosa usada nos ensaios era comumente água destilada, ajustada para o pH do ensaio. Entretanto, fizeram-se alguns ensaios para se averiguar o efeito de dissolução de íons de dolomita na flotação com óleo de babaçu saponificado. Nessa modalidade de ensaio, deixava-se por, no mínimo 24 horas, dolomita cominuída imersa em béquer contendo água destilada. O sobrenadante era então coletado e usado como fase líquida para a execução dos ensaios de microflotação

- **Ensaio de flotação utilizando coletor e depressor**

O procedimento experimental padrão, adotado para os ensaios de microflotação está descrito a seguir.

Inicialmente, ajustou-se o pH da solução de acordo com o programado. Despejava-se 20 gramas de amostra no fundo seco, adicionavam-se 100 ml de solução formada por água e depressor, iniciando imediatamente a agitação e o disparo do cronômetro, num período de condicionamento de 240 s. Acrescentou-se coletor 2 minutos (120 s) após o início do período de condicionamento. Posteriormente gotejou-se, com seringa fina, 0,005 ml de espumante, 15 segundos antes do término do condicionamento. Posteriormente injetava-se nitrogênio, via abertura das válvulas, mantendo-se a vazão constante durante o processo de flotação, por 180 s. Paralelamente adicionava-se água com espumante (com mesmo pH e com a mesma proporção inicial) para se manter a cota de interface polpa/espuma durante o desenvolvimento da flotação. Após este período, interrompia-se o fluxo de nitrogênio e a agitação, separando, a seguir, o material flotado e o material não flotado. Filtravam-se as frações em papel de filtro, as quais eram enviadas para secagem a 80°C. As frações secas eram pesadas, finalmente, em balança analítica de precisão. Os ensaios eram realizados em duplicata, e em triplicata, no caso de haver discrepância maior que 3% entre os valores de flotabilidade para as mesmas condições experimentais.



3 RESULTADOS

3.1 Microflotação de Hematita com Oleato de Sódio

O comportamento da hematita na flotação em presença de oleato de sódio é indicado no gráfico da Figura 2.

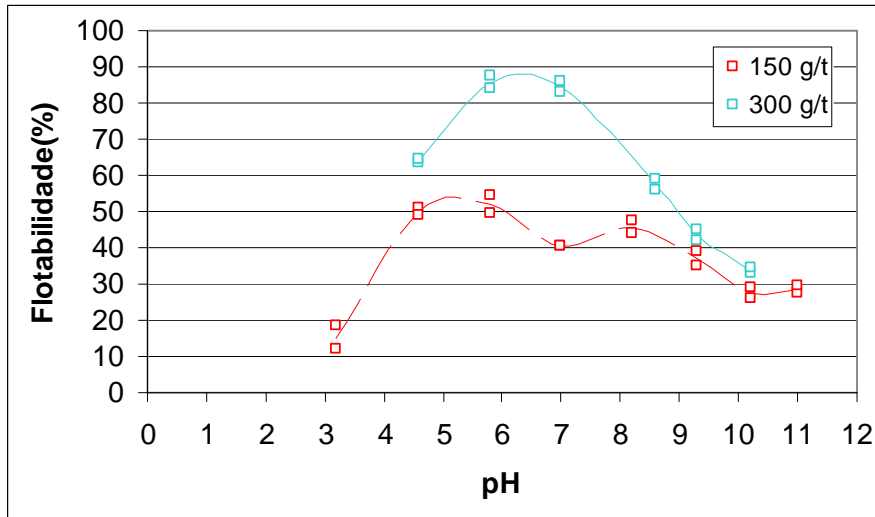


Figura 2 - Flotabilidade da hematita por oleato de sódio em função do Ph.

3.2 Microflotação de Dolomita com Oleato de Sódio

O comportamento da dolomita na flotação em presença de oleato é indicado no gráfico da Figura 3.

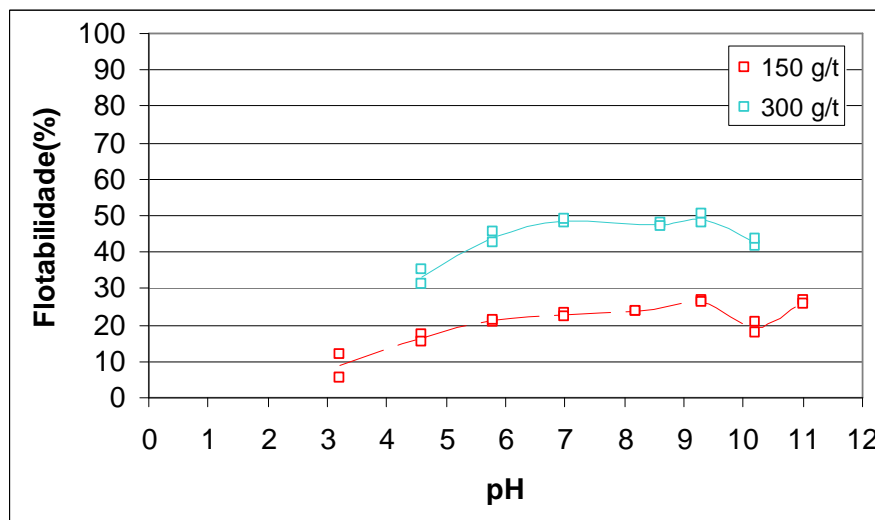


Figura 3 - Flotabilidade da dolomita por oleato em função do pH.

3.3 Microflotação de Dolomita com Amina

O comportamento da dolomita na flotação em presença de amina é indicado no gráfico da Figura 4.

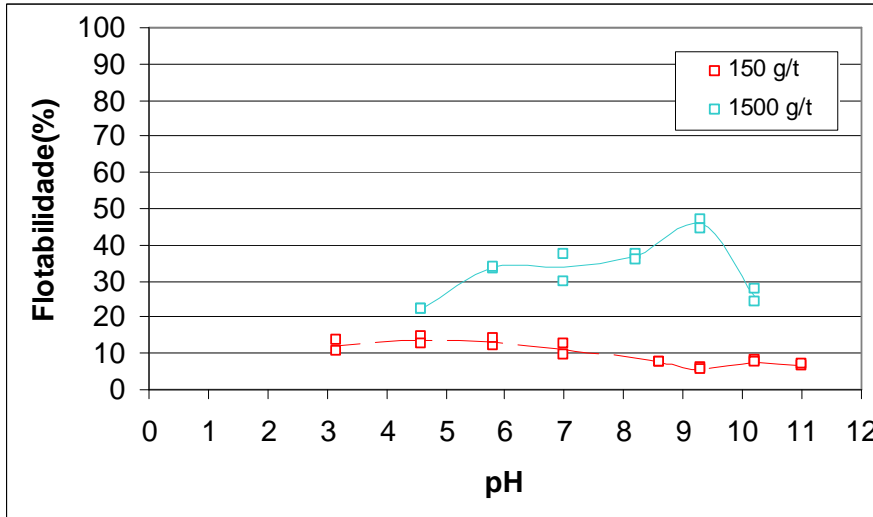


Figura 4 - Flotabilidade da dolomita por amina em função do pH.

3.4 Microflotação de Hematita com Oleato e Silicato

O comportamento da hematita na flotação envolvendo oleato e silicato nas dosagens de 300 g/t e 300 g/t, respectivamente, é indicado no gráfico da Figura 5.

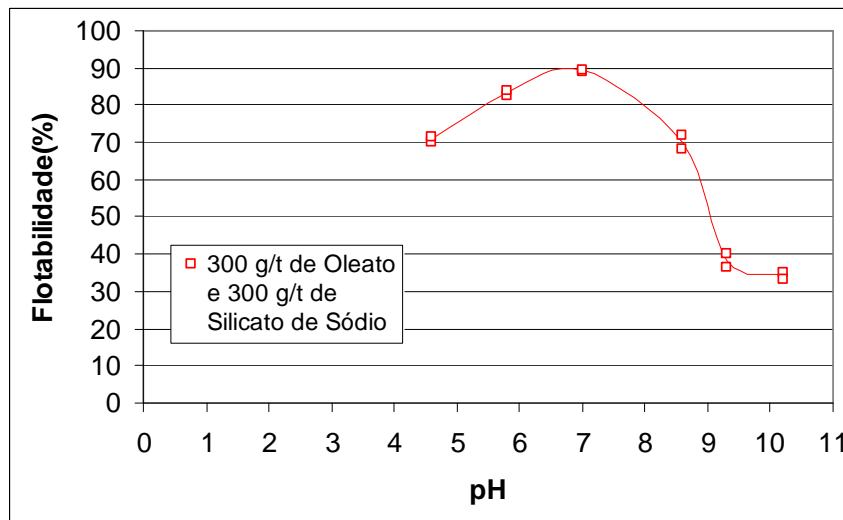


Figura 5 - Flotabilidade da hematita por oleato e silicato em função do pH.

3.5. Microflotação de Hematita em Sobrenadante de Dolomita Envolvendo e com Oleato

O comportamento da hematita na flotação em sobrenadante de dolomita envolvendo oleato na dosagem de 300 g/t é indicado no gráfico da Figura 6.

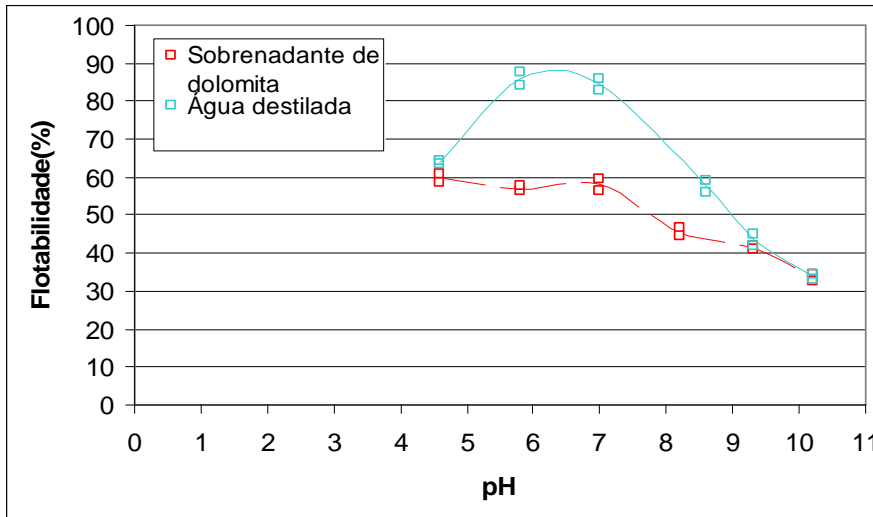


Figura 6 - Flotabilidade da hematita em água e em sobrenadante de íons de dolomita com oleato.

3.6 Microflotação de Dolomita com Amina e Tanino

O comportamento da dolomita na flotação envolvendo amina e tanino nas dosagens de 1.500 g/t e 300 g/t, respectivamente, é indicado no gráfico da Figura 7.

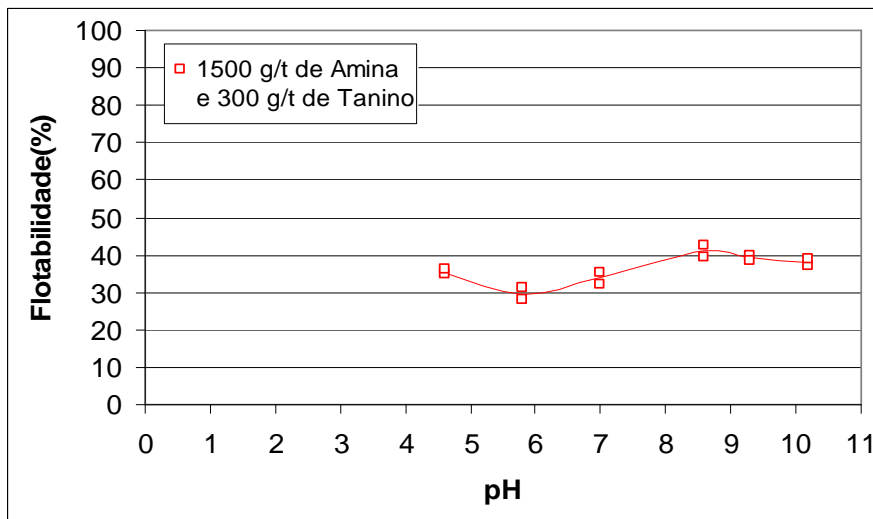


Figura 7 - Flotabilidade da dolomita por tanino e amina em função do pH.

4 DISCUSSÃO

Na flotação da dolomita em presença de oleato, pode-se verificar uma flotabilidade de 20% da dolomita com uma dosagem de 150 g/t principalmente nas faixas básicas entre o pH 8,5 e 9,5, à medida que ocorre um aumento da dosagem para 300 g/t percebe-se um aumento da flotabilidade da dolomita para percentuais próximos a 50% na faixa entre pH 7 e 9, tal comportamento já havia sido descrito por Prédali.^(6,7) Na flotação da hematita em presença de oleato de sódio, pode-se verificar uma flotabilidade da hematita entre 40% e 53% com uma dosagem de 150 g/t, à medida que ocorre um aumento da dosagem para 300 g/t percebe-se um aumento da flotabilidade da hematita para valores acima de 80% principalmente nas faixas ácidas de pH 5,5 a 6,5, tal comportamento já havia sido descrito por Campos e Luz.⁽⁸⁾



Na flotação da dolomita em presença de amina, pode-se verificar uma flotabilidade média de 10% da dolomita com uma dosagem de 150 g/t principalmente nas faixas ácidas entre o pH 3,0 e 6,0, aumentando a dosagem para 1.500 g/t percebe-se um aumento da flotabilidade da dolomita para percentuais acima de 40% no pH 9,2.

O comportamento da hematita na flotação envolvendo oleato e silicato nas dosagens de 300 g/t e 300 g/t respectivamente, é considerada ótima, com flotabilidade da hematita com valores acima de 70% nos pH entre 4,5 e 9,0, com picos de 90% no pH 6,5.

Em relação ao comportamento da hematita na flotação em sobrenadante de dolomita envolvendo oleato na dosagem de 300 g/t, pode-se averiguar uma queda da flotabilidade com a hematita com valores abaixo de 60% entre os pH 4,5 e 9,0, comparado a condição de flotabilidade em água destilada onde observa-se flotabilidade de valores próximos a 90%.

Na flotação da dolomita envolvendo amina e tanino nas dosagens de 1.500 g/t e 300 g/t, respectivamente, pôde-se averiguar boa flotabilidade da dolomita com valores próximos a 36% na faixa de pH entre 8,0 e 10,5.

Registre-se que testou também óleo de babaçu sabonificado em meio aquoso, mas sem sucesso. Ao menos com saponificação aquosa, ele tem baixo potencial como coletor no sistema quartzo/hematita, quando comparado como o oleato de sódio. Entretanto, se deve dar continuidade aos estudos do comportamento do óleo de babaçu com saponificação em meio alcoólico, a qual é mais eficiente que a realizada em meio aquoso.⁽⁹⁾

5 CONCLUSÃO

Os resultados mostram o comportamento das amostras minerais em caráter isolado e em interação com íons oriundos da dissolução de carbonatos. Dentre os resultados pode-se destacar que hematita teve uma recuperação promissora com o oleato de sódio na dosagem de 300 g/t na faixa de pH moderadamente ácida. Já com a amina na dosagem de 150 g/t se mostrou bastante promissora em todas as faixas de pH.

Em relação à dolomita a sua recuperação na faixa de pH básica utilizando-se amina e tanino se mostrou bastante promissora como rota de processo de flotação reversa. Deve-se observar que na flotação da hematita utilizando oleato de sódio, pode-se perceber que os íons de dolomita influenciam na recuperação da hematita entre pH 5 e 9, comprovando o efeito deletério da dolomita na concentração de minério de ferro. Ao passo que na flotação da hematita utilizando amina, pode-se perceber que os íons de dolomita favorecem na recuperação da hematita no pH básico, apontando uma alternativa de flotabilidade interessante.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos funcionários do laboratório de tratamento do DEMIN/UFOP, pela ajuda no desenvolvimento do trabalho experimental.

REFERÊNCIAS

- 1 LEJA, J. Surface chemistry of froth flotation. New York: Plenum, 1982. p.758.
- 2 ARAUJO, Armando C. Influência de íons de alumínio e caulinita na flotação catiônica de quartzo e hematita (dissertação de mestrado). Belo Horizonte: UFMG, 1982. 121p.

- 3 QUAST, K. B. A review of hematite flotation using 12-Carbon chain collectores. *Minerals Engineering*. v.13, n.13, 2000. p. 1361-1376.
- 4 LUZ, J. A. M, *Flotação Aniônica de Rejeito Itabirítico: Estudo de Reagentes Alternativos e Modelamento Polifásico do processo*. Belo Horizonte:EEUFMG. 1996.
- 5 PERES, A. E. C. et alii. Capítulo 3: Flotação, Espessamento, Filtragem, Deslamagem e Floculação Seletiva. In: ITEP –FUNDAÇÃO INSTITUTO TECNOLÓGICO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. *Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia*. Recife: ITEP, 1980.
- 6 PRÉDALI, J. J. Étude de L'équilibre Dolomie-Solution Aquose d'Oleate de Sodium. *Compter Rendue-Academie des Science de Paris* (série D). 7. aut. 1967. pp. 477-80.
- 7 PRÉDALI, J. J. , Flotation of Carbonates with Salts of Fatty Acids: role of pH and the Alkyl chain. *Transaction of Institution of Mining and Metallurgy*. C-140-7.1969. pp.,
- 7 CAMPOS, A. S. & LUZ, J. A. M. da. *Microflotação de minerais de Formações Ferríferas*. Ouro Preto: UFOP (relatório de iniciação científica – PIBIC).1977.
- 8 AZEVEDO, J. C. S. *Estudo dos processos de saponificação do óleo de arroz e do óleo de rícino (relatório de iniciação científica)*. Belo Horizonte: EEUFMG, 1994. 121p.